

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-186650

(43)Date of publication of application : 09.07.1999

-----  
(51)Int.Cl. H01S 3/18

-----  
(21)Application number : 09-351166 (71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 19.12.1997 (72)Inventor : ITAYA KAZUHIKO  
NUNOGAMI SHINYA  
ISHIKAWA MASAYUKI

-----  
(54) COMPD. SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a short-wavelength band compd. semiconductor laser device capable of a low-threshold operation.

SOLUTION: On a substrate of a laser, an n-AlGaIn clad layer 11, active layer 112, p-AlGaIn clad layer 13, p-GaIn contact layers 14, 15, and p-side electrode 16 are disposed. The p-side electrode 16, contact layers 14, 15 and p-clad layer 13 form a ridge structure 10 extending in the oscillating direction of a laser beam. The p-clad layer 13 has a ridge part 13a of the ridge structure 10 and extensions 13b at both sides of the ridge part 13a. An SiO<sub>2</sub> dielectric coating layer 19 coats each side face of the ridge structure 10. A Cr/Au electrode layer 18 is disposed to cover the total length of the ridge structure 10, connected to the p-side electrode 16 and forms a non-Ohmic contact to the exposed surface of the extensions 13b.

-----  
LEGAL STATUS [Date of request for examination] 06.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3300657

[Date of registration] 19.04.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any**

**damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The 2nd cladding layer which consists of a compound semiconductor of the 2nd conductivity type containing aluminum arranged on the 1st cladding layer which consists of a compound semiconductor of the 1st conductivity type containing aluminum, the barrier layer which consists of a compound semiconductor arranged on said 1st cladding layer, and said barrier layer, Said barrier layer's being inserted between said 1st and 2nd cladding layers and said 2 cladding layers The ridge section which makes a part of ridge structure prolonged [ from said 2 cladding layers ] along a projection and the oscillation direction of a laser beam in the opposite side with said barrier layer, Having the extension section which extends in the side on both sides of said ridge section, and the enveloping layer which consists each side face of said ridge section of a wrap dielectric so that said 2nd cladding layer may be contacted, Compound semiconductor laser equipment characterized by providing said 2nd cladding

layer and the 2nd electrode which forms non-ohmic contact in said extension section while connecting with the 1st electrode connected to said 1st cladding layer through the top face of said ridge structure at said 2nd cladding layer.

[Claim 2] Said barrier layer and said 1st and 2nd cladding layers are III-V.

Compound semiconductor laser equipment according to claim 1 characterized by consisting of a group compound semiconductor.

[Claim 3] III of the 1st conductivity type containing aluminum The 1st cladding layer which consists of a group nitride semi-conductor, III arranged on said 1st cladding layer III of the 2nd conductivity type containing aluminum arranged on the barrier layer which consists of a group nitride semi-conductor, and said barrier layer The 2nd cladding layer which consists of a group nitride semi-conductor, Said barrier layer's being inserted between said 1st and 2nd cladding layers and said 2 cladding layers The ridge section which makes a part of ridge structure prolonged [ from said 2 cladding layers ] along a projection and the oscillation direction of a laser beam in the opposite side with said barrier layer, Having the extension section which extends in the side on both sides of said ridge section, and the enveloping layer which consists of a semi-conductor which has the crowning which covered the top face and both-sides side of said

ridge structure, and was formed into low resistance so that said 2nd cladding layer might be contacted, Compound semiconductor laser equipment characterized by providing the 1st electrode connected to said 1st cladding layer, and the 2nd electrode connected to said 2nd cladding layer through said enveloping layer.

[Claim 4] Compound semiconductor laser equipment according to claim 3 characterized by said enveloping layer forming said 2nd cladding layer and non-ohmic contact in said extension section.

[Claim 5] Compound semiconductor laser equipment according to claim 1 to 4 characterized by said 2nd electrode consisting of a metal.

[Claim 6] Compound semiconductor laser equipment according to claim 1 to 5 characterized by said barrier layer and 2nd cladding layer being supported by the substrate through said 1st cladding layer.

[Claim 7] Compound semiconductor laser equipment according to claim 1 to 6 characterized by said 2nd conductivity type being a p mold.

[Claim 8] Compound semiconductor laser equipment according to claim 1 to 7 with which the heat sink layer which consists of a metal with a thickness

thickness of 0.5 micrometers or more is characterized by contacting the top face and both-sides side of said ridge structure.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to compound semiconductor laser equipment, and is III-V especially. It is related with the laser equipment of the gallium nitride system semi-conductor which becomes fundamental from the ingredient expressed with the following empirical formulas, such as a group compound, for example, GaN, AlGa<sub>N</sub>, InGa<sub>N</sub>, and InAlGa<sub>N</sub>.

It is  $\text{In}_x \text{Al}_y \text{Ga}_z \text{N}$  and here, and is  $x+y+z=1$ ,  $0 \leq x, y$ , and  $z \leq 1$  [0002].

[Description of the Prior Art] Development of the semiconductor laser equipment of short wavelength is furthered for the purpose of the application to a high density light disc system etc. With this kind of laser equipment, in order to raise recording density, it is required that oscillation wavelength should be shortened. As semiconductor laser equipment of short wavelength, the property improvement also of which of reading of a disk and writing is carried out even at possible level, and 600nm band light source by the InGaAlP ingredient is already put in practical use.

[0003] In order to raise recording density further, development of blue object semiconductor laser equipment is performed briskly in recent years. With GaN system semiconductor laser equipment, research and development are

performed [ that short-wavelength-izing is possible and the dependability of 10,000 hours or more is checked in LED also about dependability to 350nm or less, etc. and ] that it is promising and briskly. The oscillation of the laser beam by current impregnation at a room temperature is also checked. Thus, a night RAIDO system is an outstanding ingredient which fulfills conditions required for the next-generation optical disc system light source in ingredient.

[0004] In order to make application possible to an optical disc system etc., the oscillation property of a laser beam becomes important. For example, in a light-emitting part, in order for it to become indispensable to form a transverse-mode control structure to a composition plane in parallel and to acquire high-reliability, it becomes important that a threshold current value manufactures the sufficiently low semiconductor laser equipment of thermal resistance low. The ridge structure which investigates and forms an upper cladding layer as a candidate who fulfills these conditions in the short wavelength semiconductor laser equipment of optical disc system application is mentioned.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the conventional ridge



structure, the problem that ridge width of face will become comparatively narrow if modal control is taken into consideration, and the mode tends to become unstable to a plane-of-composition perpendicular direction, and the problem of the optical loss of the electrode to oscillation light being large, and raising a threshold occur. Moreover, even if the yield is also very bad, the thermal resistance of a component will become big, the laser continuous oscillation itself becomes difficult and it compares and oscillates, the dependability of a component is spoiled remarkably. In order that, as for the conventional ridge structure, a process top may also prepare opening of a dielectric film on a ridge, alignment difficult at the time of an optical RISOGURAFU process is needed.

[0006] Thus, thermal resistance is high and, as for the conventional semiconductor laser equipment which has ridge structure, it has the problem that the mode is also unstable and a process moreover becomes very difficult. this invention is made in consideration of the trouble of this conventional technique, and it excels in the repeatability of a process, and a production process can be easy and can operate with a low threshold -- etc. -- it aims at offering the compound semiconductor laser equipment of the transverse-mode control mold of a short wavelength region which has a good property.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The 1st cladding layer which the 1st view of this invention becomes from the compound semiconductor of the 1st conductivity type containing aluminum in compound semiconductor laser equipment, The 2nd cladding layer which consists of a compound semiconductor of the 2nd conductivity type containing aluminum arranged on the barrier layer which consists of a compound semiconductor arranged on said 1st cladding layer, and said barrier layer, Said barrier layer's being inserted between said 1st and 2nd cladding layers and said 2 cladding layers The ridge section which makes a part of ridge structure prolonged [ from said 2 cladding layers ] along a projection and the oscillation direction of a laser beam in the opposite side with said barrier layer, Having the extension section which extends in the side on both sides of said ridge section, and the enveloping layer which consists each side face of said ridge section of a wrap dielectric so that said 2nd cladding layer may be contacted, While connecting with the 1st electrode connected to said 1st cladding layer through the top face of said ridge structure at said 2nd cladding layer, in said extension section, it is characterized by providing said 2nd cladding layer and the 2nd electrode which forms non-ohmic contact.

[0008] For the 2nd view of this invention, it sets to the compound semiconductor laser equipment of the 1st view, and said barrier layer and said 1st and 2nd cladding layers are III-V. It is characterized by consisting of a group compound semiconductor.

[0009] The 3rd view of this invention is III of the 1st conductivity type which contains aluminum in compound semiconductor laser equipment. The 1st cladding layer which consists of a group nitride semi-conductor, III arranged on said 1st cladding layer III of the 2nd conductivity type containing aluminum arranged on the barrier layer which consists of a group nitride semi-conductor, and said barrier layer The 2nd cladding layer which consists of a group nitride semi-conductor, Said barrier layer's being inserted between said 1st and 2nd cladding layers and said 2 cladding layers The ridge section which makes a part of ridge structure prolonged [ from said 2 cladding layers ] along a projection and the oscillation direction of a laser beam in the opposite side with said barrier layer, Having the extension section which extends in the side on both sides of said ridge section, and the enveloping layer which consists of a semi-conductor which has the crowning which covered the top face and both-sides side of said ridge structure, and was formed into low resistance so that said 2nd cladding

layer might be contacted, It is characterized by providing the 1st electrode connected to said 1st cladding layer, and the 2nd electrode connected to said 2nd cladding layer through said enveloping layer.

[0010] The 4th view of this invention is characterized by said enveloping layer forming said 2nd cladding layer and non-ohmic contact in said extension section in the compound semiconductor laser equipment of the 3rd view.

[0011] The 5th view of this invention is characterized by said 2nd electrode consisting of a metal in the compound semiconductor laser equipment of either the 1st thru/or the 4th view. The 6th view of this invention is characterized by said barrier layer and 2nd cladding layer being supported by the substrate through said 1st cladding layer in the compound semiconductor laser equipment of either the 1st thru/or the 5th view.

[0012] The 7th view of this invention is characterized by said 2nd conductivity type being a p mold in the compound semiconductor laser equipment of either the 1st thru/or the 6th view. It is characterized by the heat sink layer which the 8th view of this invention becomes from a metal with a thickness thickness of 0.5 micrometers or more in the compound semiconductor laser equipment of either the 1st thru/or the 7th view contacting the top face and both-sides side of said

ridge structure.

[0013]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the compound semiconductor laser equipment concerning the gestalt of operation of this invention is explained to a detail, referring to an accompanying drawing. In addition, in the following explanation, duplication explanation is omitted by \*\*\*\*\* which attaches the same number about the component which has the function and configuration of abbreviation identitas.

[0014] Drawing 1 is the sectional view showing the outline configuration near the ridge structure of the blue semiconductor laser equipment concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention. Drawing 2 is the perspective view showing the laser equipment concerning the gestalt of the 1st operation in the condition except an upper electrode. The gestalt of the 1st operation is III-V which forms a laser cavity. It is related with the laser equipment using the ingredient expressed with the following empirical formula as a group compound semiconductor.

[0015] It sets to this laser equipment like  $x+y+z=1$ ,  $0 \leq x$ ,  $y$ , and  $z \leq 1$  drawing 1 illustration  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$  and here. On silicon on sapphire 1, the n-GaN buffer

layer 2 (3.3 micrometers in  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  [ of Si dopes ] - thickness) is formed. Sequential arrangement of the n-aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N cladding layer 11 (3.032 micrometers in  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  [ of Si dopes ] - thickness), a barrier layer 12, and the p-aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N cladding layer 13 (3.035 micrometers in  $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$  [ of Mg dopes ] - thickness) is carried out. A barrier layer 12 has the multiplex quantum well structure (MQW) inserted between the GaN lightguide layer of a vertical pair with a thickness of 0.1 micrometers, and both the lightguide layer. Multiplex quantum well structure (MQW) consists of 5 sets of In<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>N well layers and the In<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>N barrier layer by which the laminating was carried out by turns, and the thickness of 3nm and each barrier layer is set as 6nm for the thickness of each well layer.

[0016] On the p-cladding layer 13, sequential arrangement of the p lateral electrode 16 which consists of metals, such as the p-GaN contact layer 14 (3.04 micrometers in  $8 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$  [ of Mg dopes ] - thickness), the p-GaN contact layer 15 (3.01 micrometers in  $2 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  [ of Mg dopes ] - thickness) in which the impurity was doped by high concentration (reduction in resistance), and Pt/Ti/Pt/Au, is carried out. The p lateral electrode 16, p-contact layers 15 and 14, and the p-cladding layer 13 form in the opposite side the ridge structure 10 of a

cross-section trapezoid prolonged along a projection and the oscillation direction of a laser beam in a barrier layer 12.

[0017] The ridge structure 10 is formed after forming the metal layer for p lateral electrode 16 by removing the both sides of the part of the shape of a stripe corresponding to the ridge structure 10 by etching from the upper part to the middle of the p-cladding layer 13. For this reason, the p-cladding layer 13 has extension section 13b which extends in the side on both sides of ridge partial 13a which is a part of ridge structure 10, and ridge section 13a.

[0018] SiO<sub>2</sub> which is a dielectric on each side face of the ridge structure 10 from -- the becoming enveloping layer 19 is arranged. An enveloping layer 19 is arranged so that the both-sides side of ridge section 13a of the p-cladding layer 13 may be contacted substantially and this may be covered completely. the lower limit section of each enveloping layer 19 to spacing -- setting -- each extension section 13b top of the p-cladding layer 13 -- SiO<sub>2</sub> from -- the becoming insulating layer 17 is arranged. Between an enveloping layer 19 and an insulating layer 17, the exposure front face of extension section 13b of the p-cladding layer 13 is left behind in accordance with the ridge structure 10.

[0019] one insulating-layer 17 top -- since -- the overall length of the ridge

structure 10 is covered, and the electrode layer 18 which consists of metals, such as Cr/Au, is arranged so that it may result on the insulating layer 17 of another side further. The electrode layer 18 forms non-ohmic contact to the exposure front face of extension section 13b between an enveloping layer 19 and an insulating layer 17 while connecting with the p lateral electrode 16. Moreover, the exposure front face of the n-buffer layer 2 is formed in the location from which it separated from the ridge structure 10, and the n lateral electrode 3 which consists of metals, such as aluminum/Ti/Au, is arranged on it.

[0020] The ridge structure 10 and the enveloping layer 19 of laser equipment concerning the gestalt of the 1st operation with which the below-mentioned experiment was presented were formed by the following approach. First, growth formation of all of the gallium nitride layers 2 and 11 thru/or 15 was carried out by MOCVD (metal-organic chemical vapor deposition) on silicon on sapphire 1. About growth conditions, the pressure was ordinary pressure, used the temperature of the range of 1000 to 1100 degrees C in the ambient-atmosphere which mixed nitrogen, hydrogen, and ammonia fundamentally about GaN(s) other than buffer layer 2, and an AlGaIn layer, and used the temperature of the range of 700 to 850 degrees C in nitrogen and an ammonia ambient atmosphere



about the barrier layer 12.

[0021] After carrying out crystal growth of the gallium nitride layers 2 and 11 thru/or 15 and forming the Pt/Ti/Pt/Au metal layer further for p lateral electrode 16, the ridge structure 10 was formed by removing the both sides of the part of the shape of a stripe corresponding to the ridge structure 10 by etching from the upper part to the middle of the p-cladding layer 13. Here, the optical lithography technique which used the sensitization resist, and the dry etching technique by reactant chlorine-based ion were used. Thus, distance across vee formed in the opposite side the ridge structure 10 which is 2 micrometers in the barrier layer 12 with the cross-section trapezoid prolonged along a projection and the oscillation direction of a laser beam.

[0022] Next, it continued all over the substrate with the heat CVD method, and the dielectric (SiO<sub>2</sub>) film used as the ingredient of an enveloping layer 19 and an insulating layer 17 was formed by the thickness of 600nm. Next, corresponding to opening for exposing the front face of extension section 13b of the p-cladding layer 13, the pattern of a photoresist with an aperture width of 8 micrometers was formed on the dielectric film between the enveloping layer 19 and the insulating layer 17. next, CF<sub>4</sub> the used reactant ion -- the amount of etching of

300nm -- aiming -- gas phase etching -- carrying out -- self align ---like -- both the sides of the ridge structure 10 -- the thickness of an average of 200nm -- SiO<sub>2</sub> from -- the becoming enveloping layer 19 was formed.

[0023] Self-align-formation of the enveloping layer 19 on the both-sides side of the ridge structure 10 was able to be performed with good repeatability. this -- SiO<sub>2</sub> that a dielectric film becomes thicker on the both-sides side of the ridge structure 10 reflecting the configuration of the ridge structure 10 in case a dielectric film is formed, and the gas phase etching by reactant ion -- supply of an ion kind -- it is thought that it is rate-limiting and being carried out and \*\* have influenced.

[0024] In the laser equipment concerning the gestalt of the 1st operation produced using such an approach, the Cr/Au electrode layer 18 contacts the p-aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N cladding layer 13 on extension section 13b of the outside of the ridge structure 10. Since this contact is contact in the p-AlGa<sub>N</sub> layer 13 with low carrier concentration, and the metal layer 18, an electric obstruction in the meantime becomes large. On the other hand, in the crowning of the ridge structure 10, since it becomes contact to the p lateral electrode 16 which consists of a p-GaN contact layer 15 with which Mg was doped by high

concentration, and Pt/Ti/Pt/Au, contact resistance becomes low.

[0025] According to the experiment, in the conditions impressed to the p lateral electrode 16 10V, the current 150mA or more was able to be passed in contact to p-contact layer 15 and the p lateral electrode 16, but the current which flows contact to the electrode layer 18 and the p-cladding layer 13 was 1mA or less. That is, it became clear that it was a thing without the structure and \*\*\*\*\* of the former in which the current constriction effectiveness of the laser equipment concerning the gestalt of the 1st operation does not have contact of the electrode in the outside of ridge structure.

[0026] moreover, in the laser equipment concerning the gestalt of the 1st operation, since the good metal-electrode layer 18 of heat conduction can be close brought to the barrier layer 12 which is a light-emitting part, heat dissipation nature can be boiled markedly and can be raised. Moreover, basic-mode light is SiO<sub>2</sub> equivalent to the low refractive-index layer of the side face of the ridge structure 10. It is controlled by the enveloping layer 19, and since the higher mode serves as the structure where the metal-electrode layer 18 of the outside receives a cut-off further, it is stabilized and can control the higher mode. moreover -- according to an experiment -- the modes, such as a

kink, -- generating of an unstable component was able to be suppressed to 10% or less.

[0027] Moreover, in the laser equipment concerning the gestalt of the 1st operation, the rise of a threshold current value is loose as for 2 micrometers or less, and the threshold itself can make small sharply width of face of the ridge structure 10. According to the experiment of an oscillation property, in this laser equipment, room temperature continuous oscillation was able to be carried out with the threshold of 15mA. Oscillation wavelength was 405nm and operating voltage was 5.5V. A beam property is a single crest and 5 micrometers and a sufficiently small value were acquired about the astigmatic difference. The highest optical output was obtained to 10mW by continuous oscillation, and the highest continuous-oscillation temperature is 80 degrees C, and operated to stability at the room temperature also about dependability for 1000 hours or more. In addition, these properties thin-film-ized the substrate 1 to 50 micrometers by polish, and were acquired with the structure which carried out bonding of the substrate 1 side to the heat sink.

[0028] It is SiO<sub>2</sub> by which drawing 6 is the sectional view showing the structure of the example of a comparison, and this was formed in the whole surface

including the side face of the ridge structure 10. It has an insulating layer 17 and the electrode layer 18 and the p-cladding layer 13 do not contact on extension section 13b of the outside of the ridge structure 10. In the case of this example of a comparison, the perpendicular mode is shut up caudad, and since [ of the longitudinal direction centering on the ridge structure 10 ] it becomes disadvantageous to shut up, the transverse mode cannot control to stability. Moreover, conversely, if there is neither an insulating layer 17 nor an enveloping layer 19 and the electrode layer 18 contacts the side face of the ridge structure 10, the optical loss by the electrode will become large to a basic mode, and a threshold will rise. In this case therefore, width of face of the ridge structure 10 cannot be made narrow to 3 micrometers or less.

[0029] When experimented in the oscillation property on the laser equipment and these conditions which start the gestalt of the 1st operation about the structure of the example of a comparison of drawing 6 , the threshold current value was as high as 80mA, and the highest continuous-oscillation temperature was as low as 30 degrees C. Moreover, it was a yield below one half that the beam of a single crest was obtained.

[0030]. Drawing 3 is the sectional view showing the outline configuration of the

blue semiconductor laser equipment concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention. The electrode layer 18 of the gestalt of the 2nd operation which consists of metals, such as Cr/Au, is the same as that of the gestalt of the 1st operation except for 3 micrometers and a thick point.

[0031] The heat generated in a barrier layer or a contact field diffuses to the heat sink. Therefore, when welding a substrate side to a heat sink, the recess of a substrate and the heat from the opposite side serves as a key of the improvement in a property. The electrode layer 18 is not only close to both the sides of the ridge structure 10, but in the gestalt of the 2nd operation, since the electrode layer 18 is thick, the heat dissipation effectiveness increases further. The thickness of the electrode layer 18 is determined in consideration of the heat parameter of each part on a design. According to the experiment, the heat dissipation effectiveness became remarkable by setting desirably 0.5 micrometers or more of thickness of the electrode layer 18 to 1 micrometers or more. When experimented in the oscillation property on the laser equipment and these conditions which start the gestalt of the 1st operation about the gestalt of the 2nd operation, the highest continuous-oscillation temperature exceeded 90 degrees C, and it checked operating to stability at 50 degrees C also in a

reliability trial for 3000 hours or more.

[0032] Drawing 4 is the sectional view showing the outline configuration near the ridge structure of the red semiconductor laser equipment concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention. The gestalt of the 3rd operation is III-V which forms a laser cavity. It is related with the laser equipment using the ingredient expressed with the following empirical formula as a group compound semiconductor.

[0033] In this laser equipment, sequential arrangement of the n-InAlP cladding layer 21, a barrier layer 22, and the p-InAlP cladding layer 23 is carried out on a substrate (not shown) like  $x+y+z=1$ ,  $0 \leq x$ ,  $y$ , and  $z \leq 1$  drawing 4 illustration Inx Gay Alz P and here. A barrier layer 22 has the InGaAlP multiplex quantum well structure (MQW) inserted between the lightguide layer of a vertical pair, and both the lightguide layer.

[0034] On the p-cladding layer 23, sequential arrangement of the p-InGaP contact layer 24 and the p-GaAs contact layer 25 in which the impurity was doped by high concentration (reduction in resistance) is carried out. p-contact layers 25 and 24 and the p-cladding layer 23 form in the opposite side the ridge structure 20 of a cross-section trapezoid prolonged along a projection and the

oscillation direction of a laser beam in a barrier layer 22. The p-cladding layer 23 has extension section 23b which extends in the side on both sides of ridge partial 23a which is a part of ridge structure 20, and ridge section 23a.

[0035] SiO<sub>2</sub> which is a dielectric on each side face of the ridge structure 20 from -- the becoming enveloping layer 29 is arranged. An enveloping layer 29 is arranged so that the both-sides side of ridge section 23a of the p-cladding layer 23 may be contacted substantially and this may be covered completely. the lower limit section of each enveloping layer 29 to spacing -- setting -- each extension section 23b top of the p-cladding layer 23 -- SiO<sub>2</sub> from -- the becoming insulating layer 27 is arranged. Between an enveloping layer 29 and an insulating layer 27, the exposure front face of extension section 23b of the p-cladding layer 23 is left behind in accordance with the ridge structure 20.

[0036] one insulating-layer 27 top -- since -- the overall length of the ridge structure 20 is covered, and the electrode layer 28 which consists of metals, such as AuZn/Au, is arranged so that it may result on the insulating layer 27 of another side further. The electrode layer 28 forms non-ohmic contact to the exposure front face of extension section 23b between an enveloping layer 29 and an insulating layer 27 while connecting with p-contact layer 25.



[0037] According to the experiment of an oscillation property, in the laser equipment concerning the gestalt of the 3rd operation which carried out growth formation by MOCVD and produced each semi-conductor layer, room temperature continuous oscillation was able to be carried out with the threshold of 8mA. Oscillation wavelength was 650nm and operating voltage was 2.3V. A beam property is a single crest and 5 micrometers and a sufficiently small value were acquired about the astigmatic difference. The highest optical output was obtained to 10mW by continuous oscillation, and the highest continuous-oscillation temperature is 90 degrees C, and operated to stability at 60 degrees C also about dependability for 500 hours or more. In addition, these properties were acquired with the structure which carried out bonding of the substrate side to the heat sink.

[0038] Drawing 5 is the sectional view showing the outline configuration near the ridge structure of the blue semiconductor laser equipment concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention. The gestalt of the 4th operation is the same as the gestalt of the 1st operation except for the point relevant to the enveloping layer 31 which consists of a semi-conductor.

[0039] the gestalt of the 4th operation -- setting -- the above-mentioned SiO<sub>2</sub>

from -- it replaces with the becoming enveloping layer 19, and the enveloping layer 31 which consists of Si is arranged. An impurity is doped by extent to which an enveloping layer 31 achieves the function as an electrode or wiring at high concentration (reduction in resistance). an enveloping layer 31 -- one insulating-layer 17 top -- since -- the overall length of the ridge structure 10 is covered in the state of contact, and it is arranged so that it may result on the insulating layer 17 of another side further. An enveloping layer 31 forms non-ohmic contact to the exposure front face of extension section 13b between an enveloping layer 19 and an insulating layer 17 while forming ohmic contact to the p lateral electrode 16. Furthermore, the Cr/Au electrode layer 18 is arranged so that the whole enveloping layer 31 may be covered.

[0040] The enveloping layer 31 of the laser equipment concerning the gestalt of the 4th operation with which the below-mentioned experiment was presented was formed by the following approach. After carrying out crystal growth of the gallium nitride layer 11 thru/or 15 and forming the Pt/Ti/Pt/Au metal layer further for p lateral electrode 16, the ridge structure 10 was formed by removing the both sides of the part of the shape of a stripe corresponding to the ridge structure 10 by etching from the upper part to the middle of the p-cladding layer 13. Next,

with the heat CVD method, it continued all over the substrate and the dielectric (SiO<sub>2</sub>) film used as the ingredient of an insulating layer 17 was formed. Next, the optical lithography technique and the chemical etching technique were repeated and used, and opening was prepared near the ridge structure 10. And Si covering film 31 and the electrode layer 18 were formed by the sputter one by one. The width of face of the ridge structure 10 is 3 micrometers and SiO<sub>2</sub> in a base. Membranous (insulating layer 17) aperture width was set to 8 micrometers.

[0041] In the laser equipment concerning the gestalt of the 1st operation produced using such an approach, the Si enveloping layer 31 contacts the p-aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N cladding layer 13 on extension section 13b of the outside of the ridge structure 10. Since this contact is contact to the p-AlGa<sub>N</sub> layer 13 with low carrier concentration, and the low resistance Si enveloping layer 31, it serves as non-ohmic contact. On the other hand, in the crowning of the ridge structure 10, since it becomes contact to the p lateral electrode 16 and the low resistance Si enveloping layer 31, it becomes ohmic contact. Moreover, the low resistance Si enveloping layer 31 and the electrode layer 18 of the outside can function as an electrode of one substantially.

[0042] That is, in the gestalt of the 4th operation, if the class of semiconductor

material of an enveloping layer 31 is chosen and the ridge structure 10 is covered, it is shown that the 1st thru/or the same effectiveness as the gestalt of the 3rd operation can be acquired effectually. In addition, the contact section with an electrode 16 etc. may dope an impurity into the part which wants to pass a current alternatively, and Si coat layer 31 may lower resistance for it to it.

[0043] According to the experiment of an oscillation property, in the laser equipment concerning the gestalt of the 4th operation, the threshold current value in a room temperature is 20mA, and the highest continuous-oscillation temperature was able to be made high to 80 degrees C. Moreover, it checked that a reliability trial also operated to stability at 50 degrees C for 100 hours or more.

[0044] In addition, this invention is not restricted to the gestalt of above-mentioned operation. For example, although silicon on sapphire is used in the gestalt of the 1st operation etc., it replaces with this and a SiC substrate is usable. moreover -- as a dielectric and an insulator -- SiO<sub>2</sub> except -- aluminum 2O<sub>3</sub> etc. -- it is usable.

[0045] moreover, the amount of impurity extent from which each semi-conductor layer does not become mixed crystal about elements, such as Ti, Si, C, and

nickel, in the gestalt of above-mentioned operation as a general formula of the semi-conductor which forms a laser cavity although  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$  and here indicate  $x+y+z=1$ ,  $0 \leq x, y$ , and  $z \leq 1$   $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{P}$  and  $x+y+z=1$ ,  $0 \leq x, y$ , and  $z \leq 1$  are indicated here -- you may contain. Furthermore, this invention can be applied also when using an II-VI group compound semiconductor, and Si and germanium as a semi-conductor which forms a laser cavity.

[0046] Moreover, if it does not have a bad influence on the threshold of laser, various modification is possible for the structure of laser equipment. In addition, this invention is applicable also to the optical device fields, such as waveguide structure, a photo detector, and a transistor.

[0047]

[Effect of the Invention] According to this invention, the thermal resistance of a component is fully low and outstanding transverse-mode mold semiconductor laser equipment also with the easy manufacture approach can be realized. In a property, the reduction in a threshold is possible especially, a beam property is also good, and the usefulness of the semiconductor laser equipment applied to this invention in order for dependability to also improve sharply will become high.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The sectional view showing the outline configuration near the ridge structure of the blue semiconductor laser equipment concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 2] The perspective view showing the laser equipment concerning the gestalt of the 1st operation in the condition except an upper electrode.

[Drawing 3] The sectional view showing the outline configuration of the blue semiconductor laser equipment concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 4] The sectional view showing the outline configuration near the ridge structure of the red semiconductor laser equipment concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[Drawing 5] The sectional view showing the outline configuration near the ridge structure of the blue semiconductor laser equipment concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention.

[Drawing 6] It is the sectional view showing the outline configuration of the laser equipment of the example of a comparison.

[Description of Notations]

1 -- Silicon on sapphire

2 -- n-GaN buffer layer

3 -- n lateral electrode

10 -- Ridge structure

11 -- n-AlGa<sub>N</sub> cladding layer

12 -- Barrier layer

13 -- p-AlGa<sub>N</sub> cladding layer

14 15 -- p-Ga<sub>N</sub> contact layer

16 -- p lateral electrode

17 -- Dielectric enveloping layer

18 -- Electrode layer

19 -- Insulating layer

20 -- Ridge structure

21 -- n-InAlP cladding layer

22 -- Barrier layer

23 -- p-InAlP cladding layer

24 25 -- p-contact layer

27 -- Dielectric enveloping layer

28 -- Electrode layer

29 -- Insulating layer

31 -- Semi-conductor enveloping layer



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-186650

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月9日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

H01S 3/18

識別記号

F I

H01S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数8 OL (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-351166

(22) 出願日 平成9年(1997)12月19日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 板谷 和彦

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 布上 真也

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 石川 正行

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

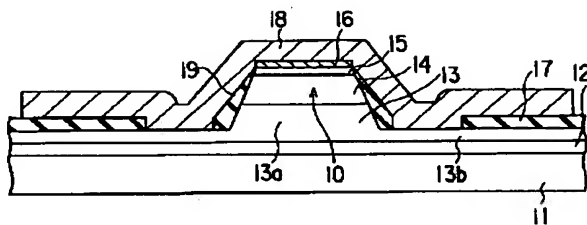
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 化合物半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 低しきい値動作が可能な短波長帯化合物半導体レーザ装置を提供する。

【解決手段】 レーザ装置の基板には、 $n\text{-AlGaIn}$  クラッド層11、活性層12、 $p\text{-AlGaIn}$  クラッド層13、 $p\text{-GaIn}$  コンタクト層14、15、 $p$  側電極16が順次配設される。 $p$  側電極16、 $p$  -コンタクト層15、14、 $p$  -クラッド層13は、レーザビームの発振方向に沿って延びるリッジ構造10を形成する。 $p$  -クラッド層13はリッジ構造10の一部であるリッジ部分13aとリッジ部13aの両側の延在部13bとを有する。リッジ構造10の各側面上には、誘電体である $\text{SiO}_2$  からなる被覆層19が配設される。リッジ構造10の全長を覆うように $\text{Cr/Au}$  電極層18が配設される。電極層18は $p$  側電極16に接続されると共に延在部13bの露出表面に対して非オーミックコンタクトを形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 Alを含む第1導電型の化合物半導体からなる第1クラッド層と、

前記第1クラッド層上に配設された化合物半導体からなる活性層と前記活性層上に配設されたAlを含む第2導電型の化合物半導体からなる第2クラッド層と、前記第1及び第2クラッド層間に前記活性層が挟まれることと、前記第2クラッド層は、前記第2クラッド層から前記活性層とは反対側に突出し且つレーザビームの発振方向に沿って延びるリッジ構造の一部をなすリッジ部と、前記リッジ部の両側で側方に延在する延在部とを有することと、

前記第2クラッド層と接触するように前記リッジ部の各側面を覆う誘電体からなる被覆層と、

前記第1クラッド層に接続された第1電極と、

前記リッジ構造の上面を介して前記第2クラッド層に接続されると共に前記延在部において前記第2クラッド層と非オーミックコンタクトを形成する第2電極と、を具備することを特徴とする化合物半導体レーザ装置。

【請求項2】 前記活性層及び前記第1及び第2クラッド層がIII-V族化合物半導体からなることを特徴とする請求項1に記載の化合物半導体レーザ装置。

【請求項3】 Alを含む第1導電型のIII族窒化物半導体からなる第1クラッド層と、

前記第1クラッド層上に配設されたIII族窒化物半導体からなる活性層と前記活性層上に配設されたAlを含む第2導電型のIII族窒化物半導体からなる第2クラッド層と、前記第1及び第2クラッド層間に前記活性層が挟まれることと、前記第2クラッド層は、前記第2クラッド層から前記活性層とは反対側に突出し且つレーザビームの発振方向に沿って延びるリッジ構造の一部をなすリッジ部と、前記リッジ部の両側で側方に延在する延在部とを有することと、

前記第2クラッド層と接触するように前記リッジ構造の上面及び両側面を覆い且つ低抵抗化された頂部を有する半導体からなる被覆層と、

前記第1クラッド層に接続された第1電極と、

前記被覆層を介して前記第2クラッド層に接続された第2電極と、を具備することを特徴とする化合物半導体レーザ装置。

【請求項4】 前記被覆層が前記延在部において前記第2クラッド層と非オーミックコンタクトを形成することを特徴とする請求項3に記載の化合物半導体レーザ装置。

【請求項5】 前記第2電極が金属からなることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の化合物半導体レーザ装置。

【請求項6】 前記活性層及び第2クラッド層が前記第1クラッド層を介して基板に支持されることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の化合物半導体レーザ装置。

【請求項7】 前記第2導電型がp型であることを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の化合物半導体レーザ装置。

【請求項8】 厚さ厚さ0.5 $\mu$ m以上の金属からなるヒートシンク層が、前記リッジ構造の上面及び両側面に接触することを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の化合物半導体レーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は化合物半導体レーザ装置に関し、特に、III-V族化合物、例えばGa<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>In<sub>z</sub>N、AlGa<sub>x</sub>N、InGa<sub>x</sub>N、InAlGa<sub>x</sub>N等の、下記の組成式で表される材料から基本的になる窒化ガリウム系半導体のレーザ装置に関する。

In<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>Ga<sub>z</sub>N、ここでx+y+z=1、0≤x, y, z≤1

## 【0002】

【従来の技術】 高密度光ディスクシステム等への応用を目的として短波長の半導体レーザ装置の開発が進められている。この種のレーザ装置では記録密度を高めるために発振波長を短くすることが要求されている。短波長の半導体レーザ装置としてInGaAlP材料による600nm帯光源は、ディスクの読み込み、書き込みのどちらも可能なレベルにまで特性改善され、すでに実用化されている。

【0003】 記録密度を更に向上させるため、近年、青色半導体レーザ装置の開発が盛んに行われている。Ga<sub>x</sub>N系半導体レーザ装置では、350nm以下まで短波長化が可能で、信頼性に関してもLEDにおいて1万時間以上の信頼性が確認されるなど有望であり盛んに研究、開発が行われている。室温での電流注入によるレーザビームの発振も確認されている。このようにナイトライド系は材料的に次世代の光ディスクシステム光源に必要な条件を満たす優れた材料である。

【0004】 光ディスクシステム等へ応用可能にするためには、レーザビームの発振特性が重要となる。例えば、発光部において、接合平面に平行方向に横モード制御構造を形成することが必須となり、また高信頼性を得るためにしきい電流値が低く且つ熱抵抗の十分低い半導体レーザ装置を製作することが重要となる。光ディスクシステム応用の短波長半導体レーザ装置におけるこれらの条件を満たす候補として、上側のクラッド層を掘下げて形成するリッジ構造が挙げられている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、従来のリッジ構造においては、モード制御を考慮するとリッジ幅が比較的狭くなり、接合面垂直方向に対してモードが不安定になり易いという問題や、発振光に対する電極の光損失が大きく、しきい値を上昇させてしまうという問題が発生する。また、歩留まりも極めて悪く、素子の熱抵抗は

大きなものとなり、レーザ連続発振自身が困難となり、例え発振しても、著しく素子の信頼性は損なわれる。プロセス上も、従来のリッジ構造はリッジ上に誘電体膜の開口部を設けるため、光リソグラフィプロセス時に困難な位置合わせが必要となる。

【0006】このように、リッジ構造を有する従来の半導体レーザ装置は、熱抵抗が高くモードも不安定でしかもプロセスが非常に困難となるという問題を抱えている。本発明は、かかる従来技術の問題点を考慮してなされたものであり、プロセスの再現性に優れ且つ製造工程が易しく、また、低しきい値で動作が可能である等の良好な特性を有する、短波長帯の横モード制御型の化合物半導体レーザ装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の視点は、化合物半導体レーザ装置において、A1を含む第1導電型の化合物半導体からなる第1クラッド層と、前記第1クラッド層上に配設された化合物半導体からなる活性層と前記活性層上に配設されたA1を含む第2導電型の化合物半導体からなる第2クラッド層と、前記第1及び第2クラッド層間に前記活性層が挟まれることと、前記2クラッド層は、前記2クラッド層から前記活性層とは反対側に突出し且つレーザビームの発振方向に沿って延びるリッジ構造の一部をなすリッジ部と、前記リッジ部の両側で側方に延在する延在部とを有することと、前記第2クラッド層と接触するように前記リッジ部の各側面を覆う誘電体からなる被覆層と、前記第1クラッド層に接続された第1電極と、前記リッジ構造の上面を介して前記第2クラッド層に接続されると共に前記延在部において前記第2クラッド層と非オーミックコンタクトを形成する第2電極と、を具備することを特徴とする。

【0008】本発明の第2の視点は、第1の視点の化合物半導体レーザ装置において、前記活性層及び前記第1及び第2クラッド層がIII-V族化合物半導体からなることを特徴とする。

【0009】本発明の第3の視点は、化合物半導体レーザ装置において、A1を含む第1導電型のIII族窒化物半導体からなる第1クラッド層と、前記第1クラッド層上に配設されたIII族窒化物半導体からなる活性層と前記活性層上に配設されたA1を含む第2導電型のIII族窒化物半導体からなる第2クラッド層と、前記第1及び第2クラッド層間に前記活性層が挟まれることと、前記2クラッド層は、前記2クラッド層から前記活性層とは反対側に突出し且つレーザビームの発振方向に沿って延びるリッジ構造の一部をなすリッジ部と、前記リッジ部の両側で側方に延在する延在部とを有することと、前記第2クラッド層と接触するように前記リッジ構造の上面及び両側面を覆い且つ低抵抗化された頂部を有する半導体からなる被覆層と、前記第1クラッド層に接続された第1電極と、前記被覆層を介して前記第2クラッド層に

接続された第2電極と、を具備することを特徴とする。

【0010】本発明の第4の視点は、第3の視点の化合物半導体レーザ装置において、前記被覆層が前記延在部において前記第2クラッド層と非オーミックコンタクトを形成することを特徴とする。

【0011】本発明の第5の視点は、第1乃至第4の視点のいずれかの化合物半導体レーザ装置において、前記第2電極が金属からなることを特徴とする。本発明の第6の視点は、第1乃至第5の視点のいずれかの化合物半導体レーザ装置において、前記活性層及び第2クラッド層が前記第1クラッド層を介して基板に支持されることを特徴とする。

【0012】本発明の第7の視点は、第1乃至第6の視点のいずれかの化合物半導体レーザ装置において、前記第2導電型がp型であることを特徴とする。本発明の第8の視点は、第1乃至第7の視点のいずれかの化合物半導体レーザ装置において、厚さ厚さ0.5 $\mu$ m以上の金属からなるヒートシンク層が、前記リッジ構造の上面及び両側面に接触することを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しながら、本発明の実施の形態に係る化合物半導体レーザ装置について詳細に説明する。なお、以下の説明において、略同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一番号を付することにより、重複説明を省略する。

【0014】図1は本発明の第1の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置のリッジ構造近傍の概略構成を示す断面図である。図2は第1の実施の形態に係るレーザ装置を、上側の電極を除いた状態で示す斜視図である。第1の実施の形態は、レーザ共振器を形成するIII-V族化合物半導体として、下記の組成式で表される材料を用いたレーザ装置に関する。

【0015】 $In_x, Al_y, Ga_z, N$ 、ここで $x+y+z=1$ 、 $0 \leq x, y, z \leq 1$

図1図示の如く、このレーザ装置においては、サファイア基板1上に、n-GaNバッファ層2(Siドープ $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ3 $\mu$ m)を介して、n-Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nクラッド層11(Siドープ $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.32 $\mu$ m)、活性層12、及びp-Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nクラッド層13(Mgドープ $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.35 $\mu$ m)が順次配設される。活性層12は、厚さ0.1 $\mu$ mの上下一対のGaN光ガイド層と、両光ガイド層の間に挟まれた多重量子井戸構造(MQW)とを有する。多重量子井戸構造(MQW)は、交互に積層された5組のIn<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>N井戸層及びIn<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>Nバリア層からなり、各井戸層の厚さは3nm、各バリア層の厚さは6nmに設定される。

【0016】p-クラッド層13の上には、p-GaNコンタクト層14(Mgドープ $8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.4 $\mu$ m)、高濃度に不純物がドープ(低抵抗化)さ

れたp-GaNコンタクト層15 (Mgドープ $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $0.1 \mu\text{m}$ )、Pt/Ti/Pt/Au等の金属からなるp側電極16が順次配設される。p側電極16、p-コンタクト層15、14、p-クラッド層13は、活性層12とは反対側に突出し且つレーザービームの発振方向に沿って延びる断面台形のリッジ構造10を形成する。

【0017】リッジ構造10は、p側電極16用の金属層を形成後、リッジ構造10に対応するストライプ状の部分の両側を上方からp-クラッド層13の途中までエッチングにより除去することにより形成される。このため、p-クラッド層13はリッジ構造10の一部であるリッジ部分13aとリッジ部13aの両側で側方に延在する延在部13bとを有する。

【0018】リッジ構造10の各側面上には、誘電体である $\text{SiO}_2$ からなる被覆層19が配設される。被覆層19は、実質的にp-クラッド層13のリッジ部13aの両側面に接触し且つこれを完全に被覆するように配設される。各被覆層19の下端部から間隔をおいてp-クラッド層13の夫々の延在部13b上に $\text{SiO}_2$ からなる絶縁層17が配設される。被覆層19と絶縁層17との間には、p-クラッド層13の延在部13bの露出表面が、リッジ構造10に沿って残される。

【0019】一方の絶縁層17上からリッジ構造10の全長を覆い、更に他方の絶縁層17上に至るように、Cr/Au等の金属からなる電極層18が配設される。電極層18はp側電極16に接続されると共に、被覆層19及び絶縁層17間の延在部13bの露出表面に対して、非オーミックコンタクトを形成する。また、リッジ構造10から外れた位置にはn-バッファ層2の露出表面が形成され、その上にAl/Ti/Au等の金属からなるn側電極3が配設される。

【0020】後述の実験に供した第1の実施の形態に係るレーザー装置のリッジ構造10及び被覆層19は次の方法で形成した。先ず、サファイア基板1上に、窒化ガリウム層2及び11乃至15を、全てMOCVD (有機金属気相成長法) により成長形成した。成長条件に関し、圧力は常圧で、バッファ層2以外のGaN、AlGaN層については基本的に窒素、水素、アンモニアを混合した雰囲気 $1000^\circ\text{C}$ から $1100^\circ\text{C}$ の範囲の温度を使用し、活性層12については窒素とアンモニア雰囲気 $700^\circ\text{C}$ から $850^\circ\text{C}$ の範囲の温度を使用した。

【0021】窒化ガリウム層2及び11乃至15を結晶成長し、更にp側電極16用のPt/Ti/Pt/Au金属層を形成した後、リッジ構造10に対応するストライプ状の部分の両側を上方からp-クラッド層13の途中までエッチングにより除去することによりリッジ構造10を形成した。ここでは、感光レジストを用いた光リソグラフィ技術と反応性塩素系イオンによるドライエッチング技術を用いた。このようにして、活性層12と

は反対側に突出し且つレーザービームの発振方向に沿って延びる断面台形で底面の幅が $2 \mu\text{m}$ のリッジ構造10を形成した。

【0022】次に、被覆層19及び絶縁層17の材料となる誘電体 ( $\text{SiO}_2$ ) 膜を熱CVD法で基板の全面に亘って $600 \text{ nm}$ の厚さで形成した。次に、被覆層19及び絶縁層17間でp-クラッド層13の延在部13bの表面を露出させるための開口部に対応して、誘電体膜上に開口幅 $8 \mu\text{m}$ のフォトリソグのパターンを形成した。次に、 $\text{CF}_4$ を用いた反応性イオンにより $300 \text{ nm}$ のエッチング量を狙って気相エッチングを行い、自己整合的にリッジ構造10の両脇に平均 $200 \text{ nm}$ の厚さで $\text{SiO}_2$ からなる被覆層19を形成した。

【0023】リッジ構造10の両側面上における被覆層19の自己整合的な形成は良好な再現性をもって行なうことができた。これには、 $\text{SiO}_2$  誘電体膜を形成する際にリッジ構造10の両側面上で誘電体膜がリッジ構造10の形状を反映して厚めになることと、反応性イオンによる気相エッチングがイオン種の供給律速で行われることと、が影響しているものと考えられる。

【0024】このような方法を用いて作製した第1の実施の形態に係るレーザー装置においては、リッジ構造10の外側の延在部13b上で、Cr/Au電極層18がp-Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nクラッド層13と接触する。この接触はキャリア濃度が低いp-AlGaN層13と金属層18との接触であるため、その間の電氣的な障壁は大きくなる。一方、リッジ構造10の頂部では、高濃度にMgがドープされたp-GaNコンタクト層15とPt/Ti/Pt/Auからなるp側電極16との接触になるため接触抵抗は低くなる。

【0025】実験によれば、p側電極16に $10 \text{ V}$ 印加した条件において、p-コンタクト層15とp側電極16とのコンタクトには $150 \text{ mA}$ 以上の電流を流すことができたが、電極層18とp-クラッド層13とのコンタクトを流れる電流は $1 \text{ mA}$ 以下であった。即ち、第1の実施の形態に係るレーザー装置の電流狭窄効果は、リッジ構造の外側での電極のコンタクトがない従来の構造とそん色のないものであることが判明した。

【0026】また、第1の実施の形態に係るレーザー装置においては、発光部である活性層12に対して熱伝導の良好な金属電極層18を近づけることができるため、放熱性を格段に向上させることができる。また、基本モード光はリッジ構造10の側面の低屈折率層に相当する $\text{SiO}_2$  被覆層19で制御され、高次モードは更にその外側の金属電極層18によりカットオフを受ける構造となるため、高次モードを安定して抑制することができる。また、実験によれば、キンクなどのモード不安定な素子の発生は $10\%$ 以下に抑えることができた。

【0027】また、第1の実施の形態に係るレーザー装置においては、リッジ構造10の幅を $2 \mu\text{m}$ 以下にしても

しきい電流値の上昇は緩やかで、しきい値自身は大幅に小さくすることができる。発振特性の実験によれば、本レーザ装置においては、しきい値15mAで室温連続発振させることができた。発振波長は405nm、動作電圧は5.5Vであった。ビーム特性は単峰であり、非点隔差については5 $\mu$ mと十分小さな値が得られた。最高光出力は連続発振で10mWまで得られ、最高連続発振温度は80℃で、信頼性に関しても室温で1000時間以上安定に動作した。なお、これらの特性は、基板1を研磨により50 $\mu$ mまで薄膜化し、基板1側をヒートシンクにボンディングした構造で得られた。

【0028】図6は比較例の構造を示す断面図であり、これはリッジ構造10の側面を含め全面に形成されたSiO<sub>2</sub>絶縁層17を有し、リッジ構造10の外側の延在部13b上において電極層18とp-クラッド層13とが接触しない。この比較例の場合、垂直モードが下方に閉じ込められ、リッジ構造10を中心とする横方向の閉じ込めに不利となるため、横モードが安定に制御できない。またもし逆に、絶縁層17や被覆層19がなく、リッジ構造10の側面に電極層18が接触すると基本モードに対して電極による光損失が大きくなり、しきい値が上昇する。この場合、従って、リッジ構造10の幅を3 $\mu$ m以下に狭くすることができない。

【0029】図6の比較例の構造について第1の実施の形態に係るレーザ装置と同条件で発振特性の実験を行なったところ、しきい電流値は80mAと高く、最高連続発振温度は30℃と低かった。また、単峰のビームが得られたのは半分以下の歩留まりであった。

【0030】図3は本発明の第2の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図である。第2の実施の形態は、Cr/Au等の金属からなる電極層18が3 $\mu$ mと厚い点を除いて、第1の実施の形態と同一である。

【0031】活性層やコンタクト領域で発生する熱はヒートシンクに放散していく。従って、基板側をヒートシンクに融着する場合は基板と反対側からの熱の逃げが特性向上の鍵となる。第2の実施の形態においては、電極層18がリッジ構造10の両脇に近接しているだけでなく、電極層18が厚いため、放熱効果がいっそう高まる。電極層18の厚さは、設計上、各部分の熱パラメータを考慮して決定する。実験によれば、電極層18の厚さを0.5 $\mu$ m以上、望ましくは1 $\mu$ m以上とすることで放熱効果が著しくなった。第2の実施の形態について第1の実施の形態に係るレーザ装置と同条件で発振特性の実験を行なったところ、最高連続発振温度は90℃を越え、信頼性試験においても50℃で3000時間以上安定に動作することを確認した。

【0032】図4は本発明の第3の実施の形態に係る赤色半導体レーザ装置のリッジ構造近傍の概略構成を示す断面図である。第3の実施の形態は、レーザ共振器を形

成するIII-V族化合物半導体として、下記の組成式で表される材料を用いたレーザ装置に関する。

【0033】In<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>Al<sub>z</sub>P、ここでx+y+z=1、0 $\leq$ x, y, z $\leq$ 1

図4図示の如く、このレーザ装置においては、基板(図示せず)上に、n-InAlPクラッド層21、活性層22、及びp-InAlPクラッド層23が順次配設される。活性層22は、上下一対の光ガイド層と、両光ガイド層の間に挟まれたInGaAlP多重量子井戸構造(MQW)とを有する。

【0034】p-クラッド層23の上には、p-InGaPコンタクト層24、高濃度に不純物がドーブ(低抵抗化)されたp-GaAsコンタクト層25が順次配設される。p-コンタクト層25、24、p-クラッド層23は、活性層22とは反対側に突出し且つレーザビームの発振方向に沿って延びる断面台形のリッジ構造20を形成する。p-クラッド層23はリッジ構造20の一部であるリッジ部分23aとリッジ部23aの両側で側方に延在する延在部23bとを有する。

【0035】リッジ構造20の各側面上には、誘電体であるSiO<sub>2</sub>からなる被覆層29が配設される。被覆層29は、実質的にp-クラッド層23のリッジ部23aの両側面に接触し且つこれを完全に被覆するように配設される。各被覆層29の下端部から間隔をおいてp-クラッド層23の夫々の延在部23b上にSiO<sub>2</sub>からなる絶縁層27が配設される。被覆層29と絶縁層27との間には、p-クラッド層23の延在部23bの露出表面が、リッジ構造20に沿って残される。

【0036】一方の絶縁層27上からリッジ構造20の全長を覆い、更に他方の絶縁層27上に至るように、AuZn/Au等の金属からなる電極層28が配設される。電極層28はp-コンタクト層25に接続されると共に、被覆層29及び絶縁層27間の延在部23bの露出表面に対して、非オーミックコンタクトを形成する。

【0037】発振特性の実験によれば、各半導体層をMOCVDにより成長形成して作製した第3の実施の形態に係るレーザ装置においては、しきい値8mAで室温連続発振させることができた。発振波長は650nm、動作電圧は2.3Vであった。ビーム特性は単峰であり、非点隔差については5 $\mu$ mと十分小さな値が得られた。最高光出力は連続発振で10mWまで得られ、最高連続発振温度は90℃で、信頼性に関しても60℃で500時間以上安定に動作した。なお、これらの特性は、基板側をヒートシンクにボンディングした構造で得られた。

【0038】図5は本発明の第4の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置のリッジ構造近傍の概略構成を示す断面図である。第4の実施の形態は、半導体からなる被覆層31に関連する点を除いて、第1の実施の形態と同一である。

【0039】第4の実施の形態においては、前述のSi

10

20

30

40

50

$\text{O}_2$  からなる被覆層 19 に代え、 $\text{Si}$  からなる被覆層 31 が配設される。被覆層 31 は電極或いは配線としての機能を果たす程度に高濃度に不純物がドーピング（低抵抗化）される。被覆層 31 は、一方の絶縁層 17 上からリッジ構造 10 の全長を接触状態で覆い、更に他方の絶縁層 17 上に至るように配置される。被覆層 31 は p 側電極 16 に対してオーミックコンタクトを形成すると共に、被覆層 19 及び絶縁層 17 間の延在部 13b の露出表面に対して、非オーミックコンタクトを形成する。更に、被覆層 31 の全体を覆うように、 $\text{Cr}/\text{Au}$  電極層 18 が配設される。

【0040】後述の実験に供した第 4 の実施の形態に係るレーザ装置の被覆層 31 は次の方法で形成した。窒化ガリウム層 11 乃至 15 を結晶成長し、更に p 側電極 16 用の  $\text{Pt}/\text{Ti}/\text{Pt}/\text{Au}$  金属層を形成した後、リッジ構造 10 に対応するストライプ状の部分の両側を上方から p-クラッド層 13 の途中までエッチングにより除去することによりリッジ構造 10 を形成した。次に、絶縁層 17 の材料となる誘電体 ( $\text{SiO}_2$ ) 膜を熱 CVD 法で基板の全面に亘って形成した。次に、光リソグラフィ技術と化学エッチング技術を繰り返し用いてリッジ構造 10 の付近に開口部を設けた。そして、 $\text{Si}$  被覆膜 31 と電極層 18 とを順次スパッタ法で形成した。リッジ構造 10 の幅は底面で  $3\mu\text{m}$ 、 $\text{SiO}_2$  膜（絶縁層 17）の開口幅は  $8\mu\text{m}$  とした。

【0041】このような方法を用いて作製した第 1 の実施の形態に係るレーザ装置においては、リッジ構造 10 の外側の延在部 13b 上で、 $\text{Si}$  被覆層 31 が  $\text{p-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$  クラッド層 13 と接触する。この接触はキャリア濃度が低い  $\text{p-AlGaIn}$  層 13 と低抵抗  $\text{Si}$  被覆層 31 との接触であるため、非オーミックコンタクトとなる。一方、リッジ構造 10 の頂部では、p 側電極 16 と低抵抗  $\text{Si}$  被覆層 31 との接触になるためオーミックコンタクトとなる。また、低抵抗  $\text{Si}$  被覆層 31 とその外側の電極層 18 とは実質的に一体の電極として機能することができる。

【0042】即ち、第 4 の実施の形態においては、被覆層 31 の半導体材料の種類を選んでリッジ構造 10 を被覆すれば、第 1 乃至第 3 の実施の形態と同様な効果を実効的に得られることを示している。なお、 $\text{Si}$  被覆層 31 は電極 16 との接触部等、電流を流したい部分に選択的に不純物をドーピングして抵抗を下げてよい。

【0043】発振特性の実験によれば、第 4 の実施の形態に係るレーザ装置においては、室温でのしきい電流値が  $20\text{mA}$  で、最高連続発振温度は  $80^\circ\text{C}$  まで高くすることができた。また、信頼性試験も  $50^\circ\text{C}$  で 100 時間以上安定に動作することを確認した。

【0044】なお本発明は上述の実施の形態に限られるものではない。例えば、第 1 の実施の形態等においてはサファイア基板を使用しているが、これに代えて  $\text{SiC}$

基板が使用可能である。また、誘電体、絶縁体としては  $\text{SiO}_2$  以外に  $\text{Al}_2\text{O}_3$  など使用可能である。

【0045】また、上述の実施の形態においては、レーザ共振器を形成する半導体の一般式として、

$\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ 、ここで  $x+y+z=1$ 、 $0 \leq x, y, z \leq 1$

$\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{P}$ 、ここで  $x+y+z=1$ 、 $0 \leq x, y, z \leq 1$

を記載しているが、各半導体層は  $\text{Ti}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{C}$ 、 $\text{Ni}$  などの元素を混晶にならない不純物程度の量、含んでもよい。更に、レーザ共振器を形成する半導体として II-VI 族化合物半導体や、 $\text{Si}$ 、 $\text{Ge}$  を使用する場合も本発明を適用することができる。

【0046】また、レーザ装置の構造は、レーザのしきい値に悪影響を与えないものであれば種々の変更が可能である。その他、本発明は、導波路構造、受光素子、トランジスタなどの光デバイス分野へも適用が可能である。

【0047】

【発明の効果】本発明によれば、素子の熱抵抗が十分に低く、製造方法も簡単な優れた横モード型半導体レーザ装置が実現できる。特に、特性においては低しきい値化が可能で、ビーム特性も良く、信頼性も大幅に向上するため、本発明に係る半導体レーザ装置の有用性は高いものとなる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置のリッジ構造近傍の概略構成を示す断面図。

【図 2】第 1 の実施の形態に係るレーザ装置を、上側の電極を除いた状態で示す斜視図。

【図 3】本発明の第 2 の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図。

【図 4】本発明の第 3 の実施の形態に係る赤色半導体レーザ装置のリッジ構造近傍の概略構成を示す断面図。

【図 5】本発明の第 4 の実施の形態に係る青色半導体レーザ装置のリッジ構造近傍の概略構成を示す断面図。

【図 6】比較例のレーザ装置の概略構成を示す断面図である。

【符号の説明】

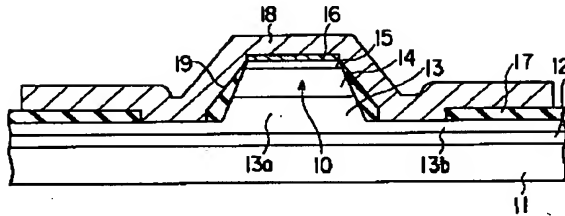
- 1…サファイア基板
- 2… $\text{n-GaN}$  バッファ層
- 3… $\text{n}$  側電極
- 10…リッジ構造
- 11… $\text{n-AlGaIn}$  クラッド層
- 12…活性層
- 13… $\text{p-AlGaIn}$  クラッド層
- 14、15… $\text{p-GaN}$  コンタクト層
- 16…p 側電極
- 17…誘電体被覆層
- 18…電極層

(7)

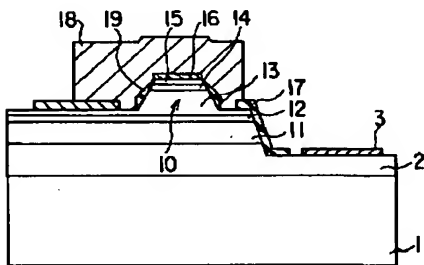
特開平 11-186650

11  
19…絶縁層  
20…リッジ構造  
21…n-InAlPクラッド層  
22…活性層  
23…p-InAlPクラッド層

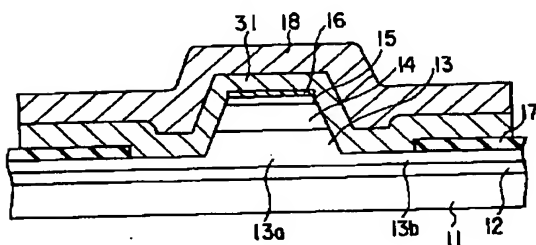
【図1】



【図3】

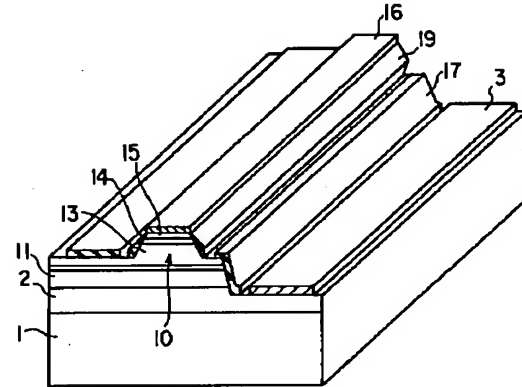


【図5】

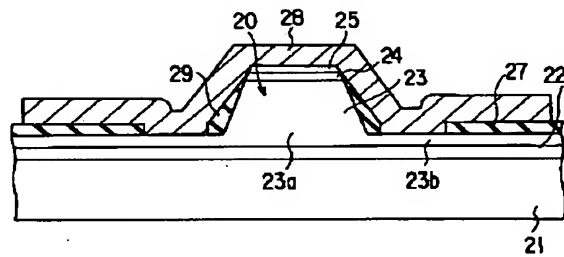


12  
\* 24、25…p-コンタクト層  
27…誘電体被覆層  
28…電極層  
29…絶縁層  
\* 31…半導体被覆層

【図2】



【図4】



【図6】

